



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## DESIGN INJEKČNÍ PUMPY

DESIGN OF SYRINGE PUMP

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Růčka

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Richard Sovják

BRNO 2019



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Student: **Jakub Růčka**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **Ing. Richard Sovják**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Design injekční pumpy

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Injekční pumpy slouží pro intravenózní dávkování látek do těla pacienta. Pumpy umožňují využití programovatelné lékové knihovny dle dat a požadavků pacienta. Tato zařízení řídí rychlost dávkování do požadované koncentrace látek v krvi pacienta. Současná nabídka injekčních pump umožňuje zpracování netradičního tvarového, ergonomického, grafického a estetického řešení.

Typ práce: vývojová - designéřská

### Cíle bakalářské práce:

Návrh injekční pumpy včetně zpracování transportního držáku pro tři injekční pumpy s možností postavení u pacienta. Návrh injekční pumpy umožní uchycení na stojan u lůžka s modulovým řazením. Hlavním použitým materiálem bude adekvátní plast a požadovaná technologie pumpy, výroba velkosériová.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analýza současné produkce z hlediska ergonomie, tvarového řešení, konstrukce a použitých technologií,
- návrh funkčního designu injekční pumpy včetně grafického řešení displeje,
- popis estetických, ergonomických a konstrukčních parametrů navrženého designu,
- realizace hmotového fyzického modelu v měřítku 1:1.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2019.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2019.pdf)

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně / Technická 2896/2 / 616 69 / Brno

### Seznam doporučené literatury:

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architektky a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.


LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

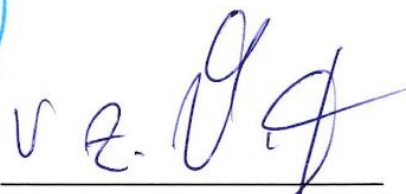
TICHÁ, Jana a Jan KAPLICKÝ. Future systems. Vyd. 1. Praha: Zlatý řez, 2002. ISBN 80-901562-6-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 25. 10. 2018

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu



  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem injekční pumpy. Návrh je určen výhradně pro nemocniční prostředí. Tato práce zahrnuje analýzu současného stavu poznání, řeší problémy s ergonomií, tvarové řešení nepřehledností uživatelského rozhraní s dodržáním estetiky a technické aspekty.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Injekční pumpa, infuze, nemocniční prostředí, lék, design

## ABSTRACT

This Bachelor's thesis deals with designing a syringe pump. This design is intended mostly for hospital environment. This thesis includes analysis current market trends and technologies behind the product, deals with problems about ergonomics aspects, shape solutions and confusing user interface with respect to aesthetic and technical aspects

## KEYWORDS

Syringe pump, Infusion, hospital environment, drug, design



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RŮČKA, Jakub. *Design injekční pumpy* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116949>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Richard Sovják.





## PODĚKOVÁNÍ

Zde bych chtěl poděkovat především Ing. Richardu Sovjákovi, pod jehož vedením tato práce vznikla, za ochotu, věcné rady, podněty a pozitivní přístup. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Evě Fridrichové Ph. D, za kontrolu textové části, užitečnou zpětnou vazbu a především za pevné nervy. Poděkování také patří mé rodině a přítelkyni za trpělivost a podporu během celého studia.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením ..... Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>14</b>
2.1	Designerská analýza	14
2.1.1	Příklad stávajících výrobků	14
2.2	Technická analýza	18
2.2.1	Popis funkce a manipulace	18
2.2.2	Injekční stříkačky	19
2.2.3	Modulárnost	20
2.2.4	Grafické rozhraní	21
<b>3</b>	<b>ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>22</b>
3.1	Analýza problému	22
3.2	Cíl práce	23
<b>4</b>	<b>VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>24</b>
4.1	Varianta I	24
4.2	Varianta II	25
4.3	Varianta III	26
<b>5</b>	<b>TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>27</b>
5.1	Tvar injekční pumpy	27
5.2	Příslušenství	31
<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>33</b>
6.1	Konstrukčně technologické řešení	33
6.1.1	Vodící Hlava	34
6.1.2	Čelní kryt	35
6.1.3	Display	35
6.1.4	Použité materiály a technologie	36
6.2	Rozměrové řešení	37
6.3	Ergonomické řešení	38
6.3.1	Úložisko	38
6.3.2	Dotykový displej	39

6.3.3	Ovladač on/off	39
6.3.4	LED sdělovač	39
6.3.5	Použití	40
6.3.6	Alarmy	40
<b>7</b>	<b>BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>41</b>
7.1	Barevné řešení	41
7.2	Grafické řešení	42
7.2.1	Uživatelské rozhraní	42
7.2.2	Doprovodné grafické prvky	45
7.2.3	Logotyp	46
<b>8</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>47</b>
8.1	Psychologická funkce	47
8.2	Ekonomická funkce	47
8.3	Sociální funkce	47
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>49</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN</b>	<b>51</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>52</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>54</b>

# 1 ÚVOD

Injekční pumpa neboli lineární dávkovač se používá téměř na všech nemocničních odděleních. Slouží k bezpečnému, přehlednému a přesnému nitrožilnímu podávání léků. První lineární dávkovač přivedla na svět firma B Braun v roce 1951, avšak princip lineárního dávkovače byl již dříve využíván v průmyslovém odvětví a do oblasti zdravotnictví byl postupně implementován. Pokrok v této oblasti je za uplynulé roky obrovský, dal by se přirovnat např. k vývoji mobilních telefonů. V dnešní době jsou pumpy vybaveny dotekovým displejem, je do nich předem implementována knihovna léčiv, mají schopnost automatické kontroly, je možné je pacientovi zapůjčit do domácnosti či je můžeme připojit do společné sítě a získat možnost počítačového monitoringu.

Za hlavního průkopníka v této oblasti lze považovat firmu B. Braun Medical s.r.o., která stála u zrodu toho zařízení. V současné době patří stále k největším výrobcům a své výrobky stále inovují. Mezi další velké výrobce patří Čínské firmy Medcaptain Medical Technology Co., Ltd. a Sino Medical-Device Technology Co., Ltd. Sino Medical-Device Technology Co., Ltd.

Jak již bylo zmíněno hlavní výhodou, které toto zařízení přináší, je možnost přesného a bezpečného dávkování velkých i malých objemů léčiv, což před tímto vynálezem nebylo možné. Důležitá je také automatická kontrola zařízení, která chrání pacienta proti předávkování. Dále také upozorňuje personál na vzniklé komplikace, konkrétní pochybení při manipulaci či předem upozorní na blížící se konec infuze pomocí zvukových alarmů, personál má tak více času na to reagovat. Na nejnovějších zařízeních je kladen důraz na jednoduchou manipulaci se zařízením. Výhodný je také jednoduchý transport pomocí nosičů, je tak možné předem připravit hned několik zařízení a poté je pomocí nosiče přepravit např. na operační sál.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem kompletního řešení tohoto přístroje pro využití v nemocničním prostředí. Na základě toho budou voleny materiály tak, aby byly pro toto zázemí vhodné. Dále bude kladen důraz na proměnu tvarového řešení, minimalizaci ovladačů a navržení jednoduchého řešení grafického rozhraní tak aby byly zachovány ergonomické a technické parametry. Cílem tedy bude vytvořit tvarově jednoduchý a čistý objekt pro intuitivní a jednoduchou manipulaci s ohledem na estetiku daného prostředí.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 2.1 Designerská analýza

Po tvarové stránce se současné injekční pumpy v podstatě neliší. Jejich podstava má obdélníkový tvar z důvodu stabilního ustavení. Podstava dále definuje celkový tvar, který vychází z kvádrů. Čelní plocha je většinou zkosená a je zde umístěn display a veškeré ovládací prvky. Úložiště pro injekční stříkačku je většinou umístěno pod čelní plochou, avšak některé injekční pumpy mají úložiště umístěno v části horní či zadní. Tvar je z velké části definován vnitřním mechanismem.

#### 2.1.1 Příklad stávajících výrobků

##### SN-50C66T(R) single channel Syringe Pump

Jedná se o injekční pumpu od Čínské firmy SINOMDT, s možností umístit jednu injekční stříkačku. Toto úložiště je kompatibilní se všemi injekčními stříkačkami dostupnými na trhu o objemu (5 – 50) ml.



Obr. 2-1 Injekční pumpa SN-50C66T(R) [2]

Po tvarové stránce není nijak výrazná. Jednotlivé zaoblení hran celkový tvar obohacuje, ale ve finále se pumpa velmi neodlišuje od konkurence. Výrobek je převážně z plastu, pouze plochy pro display jsou ze skla.

Barevně produkt působí příjemným dojmem, kombinace bílé a tyrkysové barvy se hodí do cílového prostředí. Problém nastává u rozložení mechanických tlačítek, které jsou rozmístěny poněkud chaoticky, a zdají se neintuitivní. Výhodou je flexibilní úchyt pro umístění na stojan.

Produkt je vybaven Wi-Fi technologií, díky které jej lze snadno připojit do chytré sítě a jednoduše tak získat přehled a kontrolu nad všemi jednotlivými zařízeními např. z počítače či tabletu. Tento model je vyráběn ve čtyřech variantách. U tohoto produktu byl kladen důraz na funkci nikoliv na jeho vzhled. Modulárnost zajištěna pomocí kompatibilní infusní stanice pro zapojení hned několika pump zároveň. [1]

### **Terufusion Syringe Pump (smart)**

Jedná se o produkt Japonské firmy TERUMO. Velikost je podstatně menší než u ostatních pump nabízených na trhu. Tvarově se od konkurence liší v části úložiště pro injekční stříkačku, tato část je totiž vybavena krytem, který vychází z těla pumpy a chrání tak stříkačku před neúmyslným či nechtěným kontaktem, který by mohl narušit funkci. Tento kryt je vhodně dlouhý tak aby nebylo zabráněno vložení různě velkých stříkaček. Úložiště je kompatibilní pouze s injekčními stříkačkami Luer Lock s objemem (5 – 60) ml. Materiálově se jedná o kombinaci plastu a skla.



**Obr. 2-2** Injekční pumpa Terufusion [4]

Barevná kombinace bílé a zelená působí příjemným dojmem a je vhodná pro cílové prostředí. Display je u této pumpy přímo dotekový a nahrazuje tak velkou část mechanických tlačítek. Byly zachovány pouze primární mechanická tlačítka jako např. Start, Pause, Stop a tím pádem je ovládací panel mnohem více intuitivní a přehledný a po grafické stránce velmi čistý.

Terumo vyrábí také panel pro zapojení hned několika pump najednou tzv. Terufusion rack systém, který zajišťuje modulárnost. Co se týče uchycení na klasický stojan, je pumpa znovu vybavena adaptovatelným úchytem v zadní části. Pumpa je také vybavena madlem čímž umožňuje pohodlný úchop a jednodušší přenos zařízení. [3]

### HP-30 Syringe Pump

Injekční pumpa od Čínské firmy Medcaptain Medical Technology Co., Ltd. Tato pumpa je po vzhledové stránce asi nejzajímavější na trhu. Tvarové funkčně opodstatněné prvky jako např. v přední části kde vykrojení materiálu obohacuje celkový vzhled, ale také umožňuje uživateli pohled na injekční stříkačku a její aktuální stav. Stříkačka je tak umístěna uvnitř těla a nerozšiřuje plochu, kterou přístroj zabírá. Po funkční stránce však nutno uvážit zda tento prvek není spíše škodlivý, protože uživatel před vložením injekce musí nejprve odklopit ovládací panel a následně do vzniklého prostoru vložit a nastavit stříkačku a na závěr zase vrátit ovládací panel do původní polohy, takže uživateli zabere tato manipulace více času.

Zařízení je z velké části bílé barvě a pouze funkční prvky jsou v barvě tyrkysové, takže uživatele podvědomě dovedou k jejich použití. Jedná se o obvyklou kombinaci barev. Po stránce materiálu je zde z velké části využit příslušný plast a pro display sklo. Display je dotykový takže veškeré ovládání přístroje probíhá právě skrze něj. Jsou zachovány pouze primární mechanické tlačítka. Kompatibilita s téměř všemi druhy injekčních stříkaček o objemu (2 – 60) ml.

Pro jednoduchý transport a modularitu slouží zařízení od stejného výrobce HP-80 Infusion



**Obr. 2-3** Injekční pumpa a stojan HP-30 MEDCAPTAIN [5]

Workstation, které má 4 sloty, takže do něj lze zapojit 4 zařízení a je dále modulární a lze dosáhnout až 16 slotů. Nevýhodou je že pumpu nelze nijak zachytit na běžný nemocniční stojan. Zařízení je možné připojit do chytré sítě ať už pomocí bezdrátového připojení Wi-Fi a nebo pomocí LAN kabelu. [5]



## SYS-50 Syringe Pump

Injekční pumpa vyráběna Čínskou firmou Medcaptain Medical Technology Co., Ltd. Je možné ji přichytit k nemocničnímu stojanu nebo zapojit do modulárního zařízení. Na první pohled zajímavý přístroj s důrazem na jednoduchý tvar. Součástí zařízení je i madlo, které umožňuje přístroj pohodlně uchopit a jednoduše jej přemístit či připevnit na stojan. Funkční prvky jsou znovu v tyrkysové barvě tak aby uživatele intuitivně navedli k jejich použití. Zařízení disponuje dotykovým displejem, který umožňuje uživateli nastavit všechny potřebné údaje a uvést zařízení do provozu.

Mechanické tlačítka jsou zde nahrazeny dotykovými plochami. Úchop pro injekci je vybaven speciálním ochranným prvkem, který zabráňuje injekci změnit polohu při pádu zařízení. Pumpa dokáže díky integrované baterii vydržet až 20 hodin bez napájení. Je opět možné ji připojit do chytré sítě pomocí Wi-Fi a mít tak nad ní kontrolu z chytrého zařízení.

Úložiště pro injekční stříkačku je opět kompatibilní s velkou škálou existujících značek o

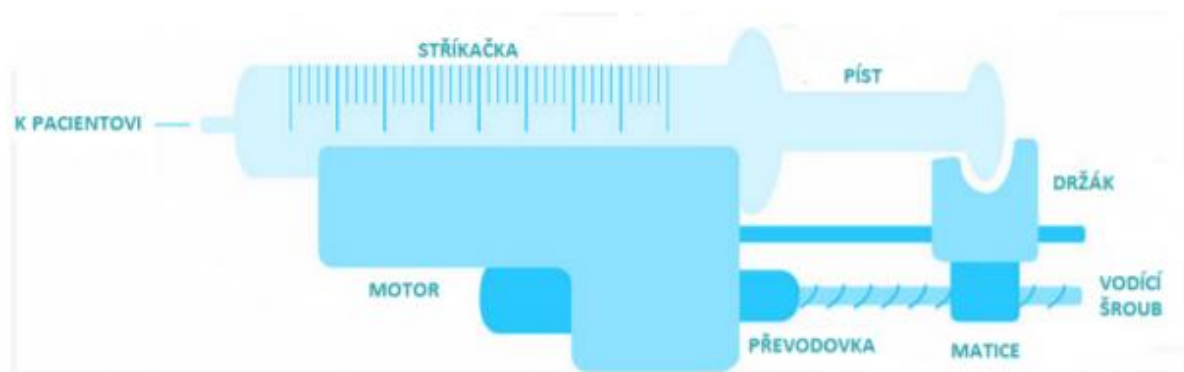


**Obr. 2-4** injekční pumpa SYS-50 [6]

objemech (2 – 60) ml. Umožňuje měnit rychlost dávkování v průběhu dávkování. Po grafické stránce se display jeví jako velmi intuitivní a pro uživatele jednoduchý k použití. Vyrábí se taky ve variantách s možností použití dvou injekčních stříkaček na jednou. [6]

## 2.2 Technická analýza

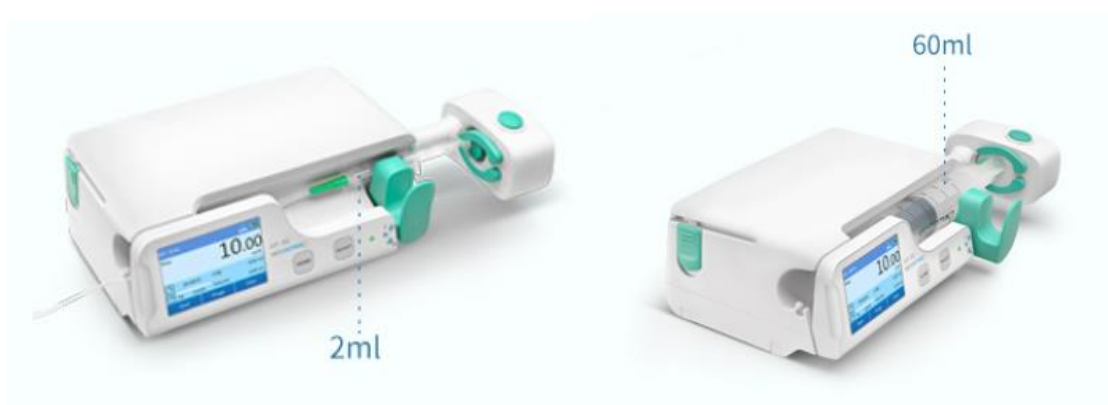
Injekční pumpa neboli lineární dávkovač, je zařízení řízené mikroprocesor a krokovým motorem, které se běžně používá na většině oddělení v nemocničních zařízeních. Hlavním úkolem je podat pacientovi léčivou látku v kapalné formě za stanovený čas. Používá se obvykle pro roztoky o objemu v určitém rozmezí (2 – 60) ml, které je stanoveno výrobcem jednotlivých zařízení. Pro aplikaci dávek nad 60 ml se většinou používají infusní pumpy např. krevní transfuze. Existují i injekční pumpy pro vědecké účely.



Obr. 2-5 Schéma rozložení komponentů [14]

### 2.2.1 Popis funkce a manipulace

Aby bylo možné funkci započít je nutné injekční stříkačku s lékem upevnit do přístroje. Na většině zařízení je pro to určena nastavitelná svorka a posuvná hlava krokového motoru.



Obr. 2-6 Objemový rozsah injekčních stříkaček pro přístroj HP-30 [5]

Oba tyto prvky umožňují upevnit odlišné druhy injekčních stříkaček v různých velikostech. U starších přístrojů je nutné ji upevnit ručně, avšak novodobé pumpy již umožňují nastavení manuálně automatické, uživatel pouze zvolí, jaký typ injekční stříkačky chce upevnit a přístroj se již sám uzpůsobí jejím aktuálním rozměrů. Pumpa vše sama automaticky kontroluje, nastane-li problém, okamžitě o něm uživatele upozorní pomocí alarmu popřípadě zabrání uvedení do funkce.

Po upevnění je uživateli umožněno vybrat v knihovně léků příslušný lék. Následně musí uživatel zadat vstupní hodnoty jako např. hmotnost pacienta, počet dávek, dobu dávkování, koncentraci daného léku, rychlost dávkování a podobně. Tlak, který následně vytváří krokový motor je dopočítán přístrojem.



Obr. 2-7 Uživatelské rozhraní pumpy od firmy B Braun [18]

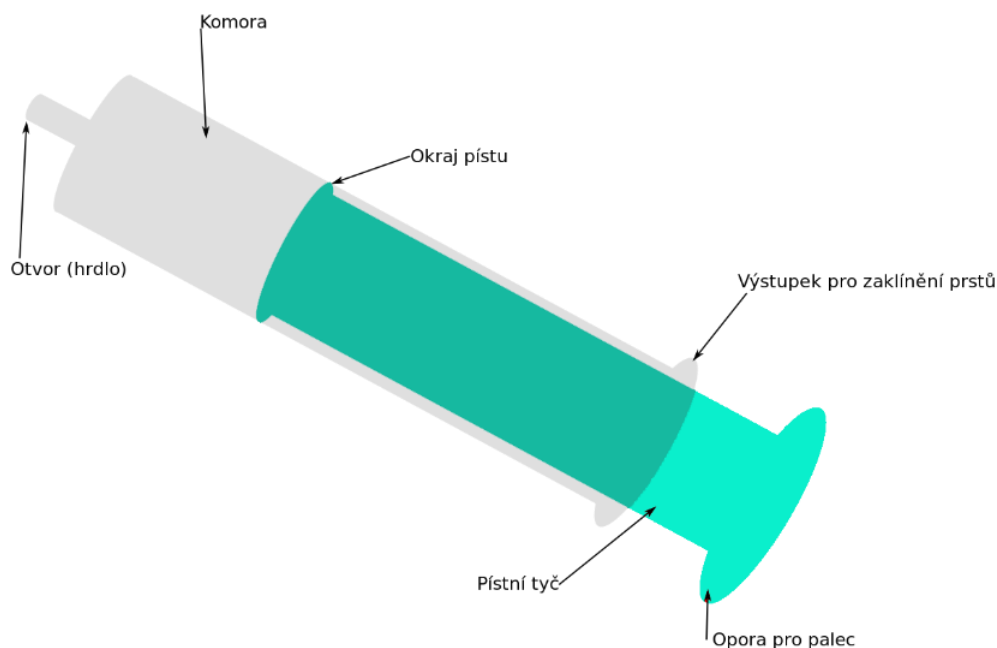
Je-li

vše správně nastaveno, přístroj umožní zahájení funkce. Následně již se zařízením není nutné nijak manipulovat až do ukončení dávkování. Pokud v průběhu dávkování nastane problém, zařízení na něj upozorní alarmem. Proběhne-li vše v pořádku, systém automaticky předčasně upozorní uživatele, že se funkce blíží ke konci.

V dnešní době jsou již pumpy vybaveny integrovanou baterií, aby nedošlo k přerušení při výpadku proudu. Přístroje je již dnes možné zapojit do chytré sítě což umožňuje kontrolu zařízení na dálku pomocí počítače, tabletu či chytrého telefonu.

### 2.2.2 Injekční stříkačky

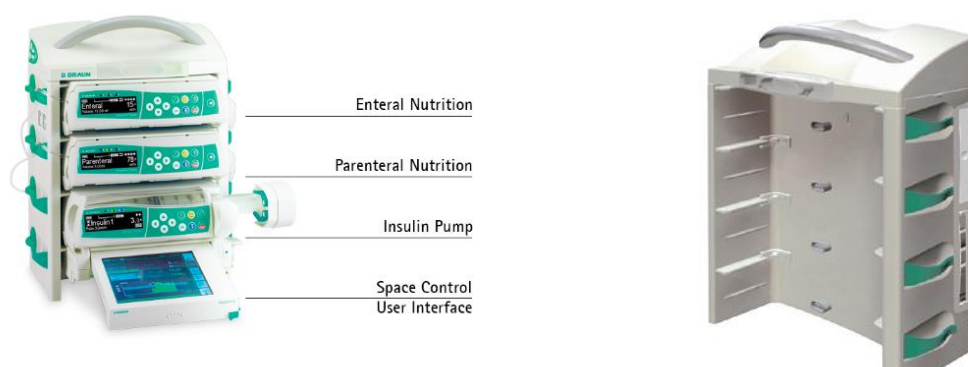
Jednoduchá medicínská umělohmotná nebo skleněná pomůcka, většinou válcovitého tvaru. Na trhu se nachází nespočet výrobců. Tvarově se však moc neliší a injekční pumpy jsou navrženy tak aby bylo možné do nich upevnit v podstatě každou injekční stříkačku, bude-li dodržen aspoň částečně válcovitý tvar a požadovaný rozsah objemu. Injekční pumpy se používají pro dávkování menších objemů, obecně v rozmezí (2 – 60) ml. Nehraje tedy roli, od jakého výrobce injekční stříkačka pochází, pokud jsou splněny tyto dvě základní kritéria. [14]



**Obr. 2-8** Schéma injekční stříkačky [17]

### 2.2.3 Modulárnost

Samostatně se injekční pumpy používají ojedinelé a ve většině případů je nutné používat hned několik pump najednou, vždy tedy výrobce nabízí i tzv. dokovací stanici. Tato možnost přináší velké množství výhod.



**Obr. 2-9** Stojan pro více zařízení B Braun [10]

Každé zařízení je napájeno přímo ze stanice a vede do ní pouze jediný síťový kabel, což redukuje nežádoucí prvky v prostoru. Centrálně se zobrazují vizuální a zvukové alarmy což vede k rychlejší lokalizaci a následnému řešení. Nabízí se jednoduchý transport např. na operační sál nebo JIP. Šetří prostor a umožňuje pohodlnější manipulaci. Možnost kombinace více druhů zařízení. Větší bezpečnost, snižuje se riziko pádu nebo neúmyslného kontaktu.[10]

## 2.2.4 Grafické rozhraní

Je důležité, aby bylo ovládání navrženo intuitivně a shodně ve všech zařízeních např. stejné rozhraní v injekční i infusní pumpě. Na základě průzkumu prováděném firmou B Braun bylo zjištěno, že až 80 % chyb je způsobeno nesprávným ovládáním. Výhodou je že se zkrátí doba potřebná ke školení uživatelů, popřípadě úplná eliminace školení. [10]



**Obr. 2-10** Sjedené grafické rozhraní přístrojů B Braun [10]

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Často může dojít k záměně s tzv. infuzní pumpou, která je většinou vyráběna stejným výrobcem ve stejné sérii jako pumpa injekční. Jedná se o zařízení, které vykonává v podstatě stejnou funkci, ale používá se pro mnohem větší objemy např. krevní transfuze. Mechanismus těchto zařízení se však zásadně liší.

### 3.1 Analýza problému

Velká část současných výrobců se zaměřuje hlavně na funkci a neklade důraz na tvarové řešení přístroje. Injekční pumpy jsou příliš geometrické, protože jejich tvar definují vnitřní komponenty (krokový motor, mikroprocesor atd.), které je potřeba zakrytovat. Další problémy mohou vzniknout v místě pro uložení injekční stříkačky, pokud bude navrženo tak že po upevnění bude injekce z tohoto prostoru vyčnívat. Zařízení bude zabírat větší plochu, může dojít k nechtěnému poškození nebo bude injekce překážet při jiné činnosti. Bylo by tedy vhodné injekci zohlednit již na počátku a úložiště navrhnout uvnitř jako je tomu u přístroje HP-30.

Dále je nutné zohlednit počet ovladačů na současných zařízeních. Současné zařízení jsou vybavena běžným nebo dotykovým displejem. Vzhledem k tomu že na základě normy je nezbytné tlačítko pouze On/Off je na současných zařízeních ovladačů až příliš.[14] Bylo by tedy vhodné je zredukovat na požadované minimum. Grafické rozhraní v některých případech působí chaoticky. Je málo přehledné, špatně uspořádané a nepůsobí intuitivně. Měl by být kladen důraz na ergonomické parametry, a to hlavně u ovladačů a jejich rozmístění, grafickém rozhraní, zvolených materiálů, pracovní plochy či vhodného zvolení barev pro cílové prostředí.

Tvar by měl být také uzpůsoben tak, aby bylo zařízení možno modulárně zapojit do kompatibilního stojanu.

## 3.2 Cíl práce

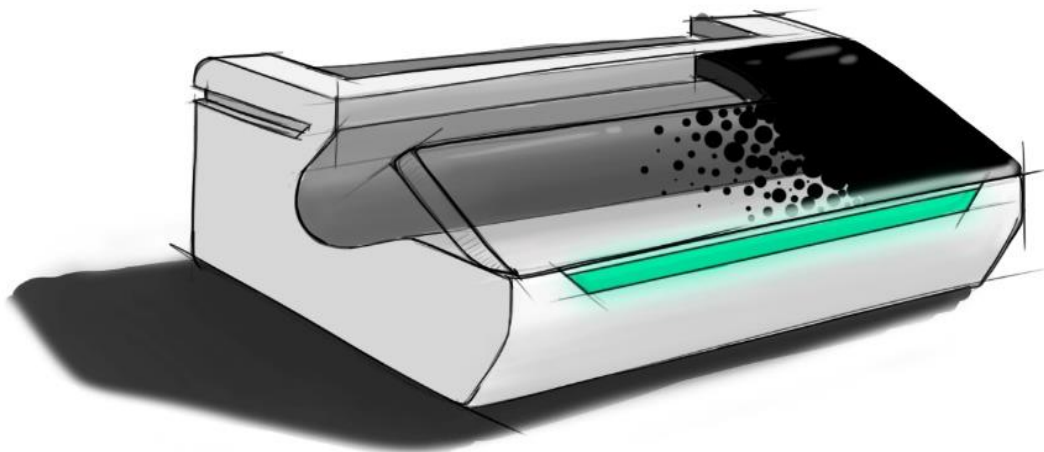
Cílem bude vytvořit zařízení, které bude zahrnovat všechny aspekty, jež byly vyhodnoceny jako nezbytné. Ovládací prvky budou zredukovány na absolutní minimum a nahradí je z velké části dotykový display. Bude kladen důraz na všechny technické i ergonomické parametry.

Na základě analýzy byly vytyčeny jednoznačné dílčí cíle:

- Obohatit tvarové řešení, avšak zachovat technické parametry,
- zredukovat počet mechanických ovladačů a maximálně upotřebit dotekový display,
- zajistit stabilní uložení na podložku, a zamezit pohybu po ní,
- zajistit modulárnost,
- klást důraz na čistý a jednoduchý design,
- navrhnout přehledné a intuitivní grafické rozhraní pro display,
- vhodně zvolit materiály a barevnost pro nemocniční prostředí,
- vhodně umístit a navrhnout úložiště pro různé objemy injekčních stříkaček,
- zachovat funkce jako např. připojení do sítě pomocí Wi-Fi, integrovanou záložní baterii, výstražné alarmy atd.

## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

### 4.1 Varianta I



Obr. 4-1 Varianta I

Tvarové řešení první variantní studie je hodně geometrické. Jako základní těleso byl vybrán kvádr, jehož čelní strana je seříznutá pod úhlem  $45^\circ$  a je zde umístěn display a jednotlivé ovladače. Čelní plochu lze vyklopit. Za ní se nachází prostor pro uložení stříkačky, který je vybavený úchytem, který lze adaptovat na různé průměry a drážkou kompatibilní s rozšířeným koncem injekce pro stabilní upevnění. Po umístění injekce uživatel čelo vrátí do původní polohy a zakryje tak tento prostor, čímž se sníží riziko nechtěného poškození. Úložiště je tvarováno tak aby bylo možné upevnit injekci o různých velikostech.

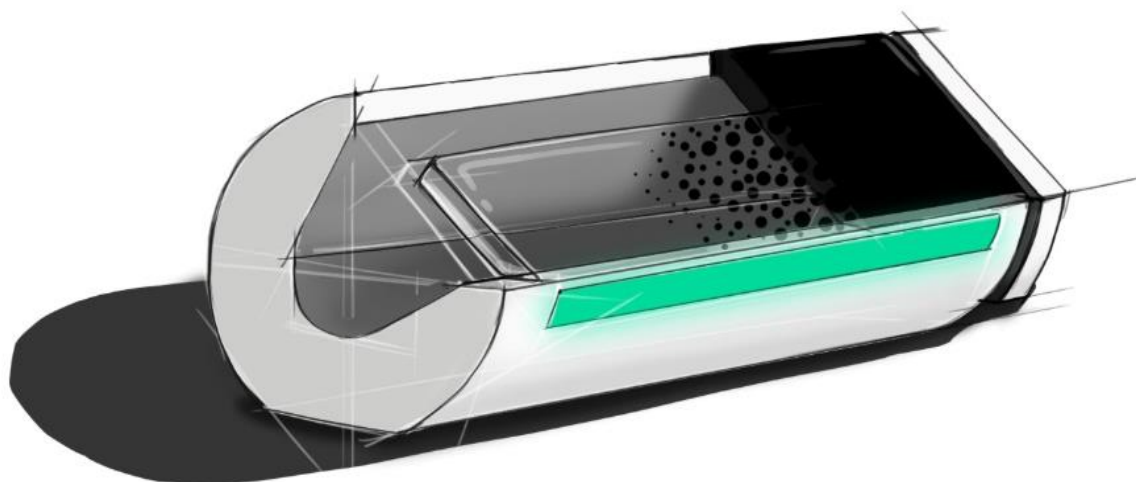
Posuvnou hlavu lze vysunout na stejnou délku jako má injekční stříkačka při maximálním vysunutí pístu. Tato hlava je vybavena úchytem pro rozšířený konec pístu. Má shodný tvar se zařízením tak aby nenarušovala jeho vzhled.

Ve spodní části je malé vybrání, které vytváří ustavovací plochy, ty jsou vybaveny pryžovou vložkou, aby zařízení lépe přilnulo k podložce, na niž bude umístěno.

Všechny ostré hrany jsou zaobleny z důvodu vytvoření jemných přechodů mezi jednotlivými plochami, aby byl zachován čistý tvar.



## 4.2 Varianta II



Obr. 4-2 Varianta II

Pro tuto variantní studii byl zvolen jako základní těleso plný válec. Pracovní plocha je zkosena pod úhlem  $45^\circ$ . Plochu je opět možné odklopit a umožnit tak uživateli umístit injekci do prostoru k tomu určeném. Toto úložiště je navrženo tak aby bylo kompaktní s širokou škálou injekčních stříkaček, a částečně kopíruje její kruhový tvar. Nachází se v něm také drážka, do které je možno umístit výstupek pro zapření prstů a univerzální úchyt pro různé průměry. Po umístění injekce a vrácení plochy do její původní polohy je zvýšena bezpečnost vůči nechtěnému poškození.

Pro zajištění stabilního umístění na podložku lze válec ve spodní části vodorovně srazit nebo provést vybrání a vytvořit tak ustavovací plochy

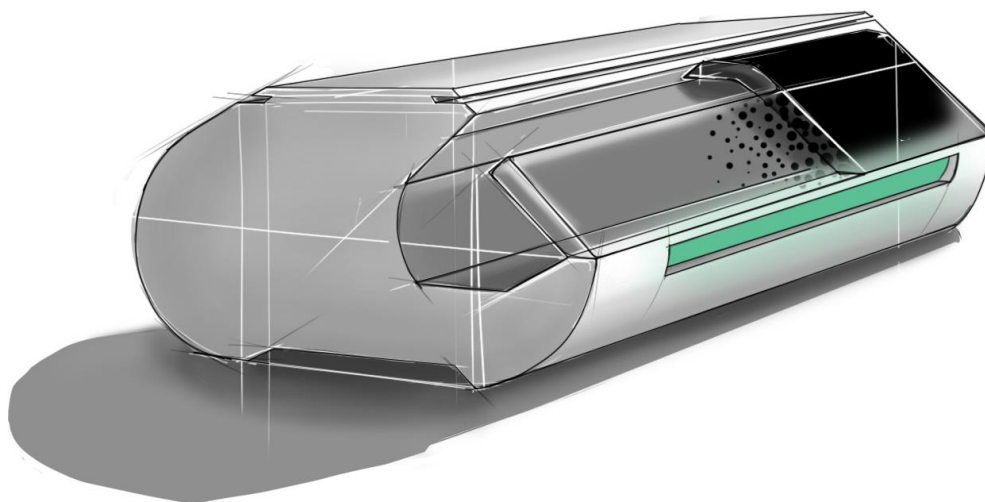
Možností vysunutí posuvné hlavy a její funkce se zde nijak neliší, mění se pouze její poloha vůči přístroji, vychází totiž ze spodní části kde je uložen krokový motor.

Na pracovní ploše se nachází LED indikátor, který signalizuje, kolik roztoku se ještě nachází v komoře injekční stříkačky. Je tím také obohacen vzhled zařízení.

Zvolit právě válec se jeví jako vhodné řešení z důvodů tvarové podobnosti s injekční stříkačkou a vykonávané funkce. Celkově pak zařízení působí čistým dojmem.

Pracovní plocha bude celá využita jako dotykový display, čímž bude dosaženo požadovaného počtu mechanických tlačítek.

### 4.3 Varianta III



Obr. 4-3 Varianta III

Třetí varianta je po tvarové stránce kombinací variant předešlých. Její tvarové řešení se odvíjí od tvaru injekční stříkačky. Prostor pro umístění injekce je tvořen částí kružnice, po které se injekce (z bočního pohledu menší kružnice) odvaluje. Z toho tedy vyplývá geometrická podobnost. Před tímto úložištěm je umístěn čelní kryt spolu s displejem pod úhlem  $45^\circ$  a to z důvodů dodržení ergonomických parametrů. V zadní části tvar uzavírá třetí oblouk.

V prostoru pro umístění injekce se nachází adaptovatelný úchyt a drážka pro opěrnou plochu pro prsty.

Na pracovní ploše pod displejem se nachází indikátor pro množství objemu v komoře injekce. Tato signalizace funguje na principu LED diod.

Display je plně dotykový. Pomocí jemného rastrového přechodu splývá s transparentní částí čelního krytu. Mechanické tlačítko pro zapnutí a vypnutí přístroje, je opatřeno silikonovou fólií a nevyčnívá z pracovní plochy, aby nebyl narušen tvar a čistota této oblasti.

Pro dosažení stabilního uložení na podložku je spodní ošetřena pryžovými vložkami, které slouží také jako zakrytí děr pro šrouby, které spojují tělo pumpy.

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Finální návrh z velké části vychází z varianty I ale přejímá i určité prvky z variant ostatních. Tato varianta byla vybrána z důvodů vhodného tvaru, který umožňuje uložit všechny nezbytné technické komponenty a dále také jednoduchou modulárnost více přístrojů.

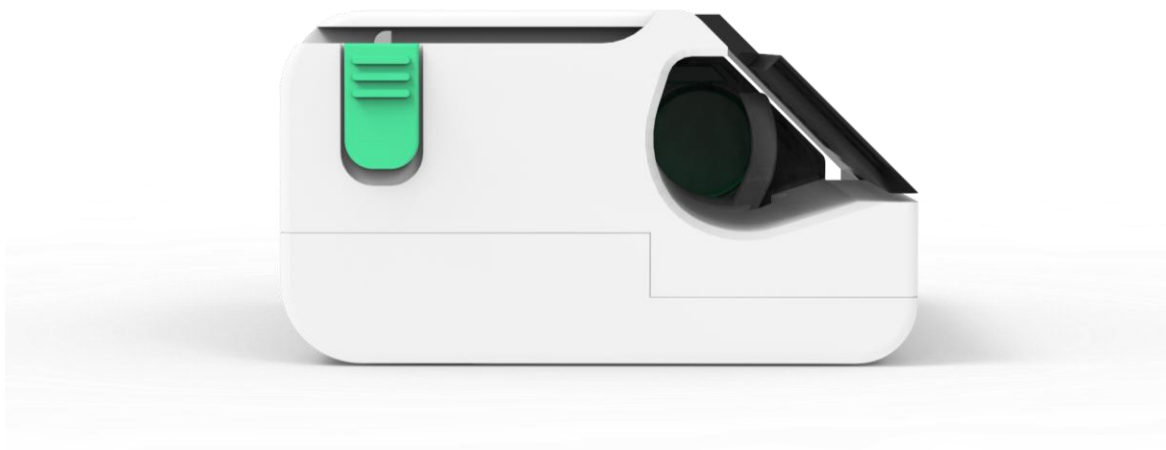


Obr. 5-1 injekční pumpa Infuser

### 5.1 Tvar injekční pumpy

Tvar udávají tři hlavní části přístroje. Jedná se o obal, který je z velké části tvořen úložištěm pro injekční stříkačku, vodící hlava lineárního krokového motoru a vyklápěcí čelní kryt, který tvoří display a průhledný štít pro injekční prostor. Nejdříve byly vytvořeny křivky v bočním pohledu. Jako základ byl zvolen obdélník, který byl dále upravován tak aby vyhovoval požadovanému cíli a to vytvořit úložiště uvnitř obalu, které bude při funkci chráněno čelním krytem a ten bude možno vyklopit pro jednoduché upevnění injekční stříkačky. Toto úložiště tedy definují rozměry injekčních stříkaček. Tvoří jej křivka, která částečně kopíruje kruhový tvar injekční komory.

V horní části je křivka plynule dovedena do požadované výšky a uzavírá tak tvar těla. V části dolní křivka lehce stoupá a následně přechází do vodorovného směru, kde vytváří základnu



**Obr. 5-2** Boční pohled na úložiště pro injekční stříkačku

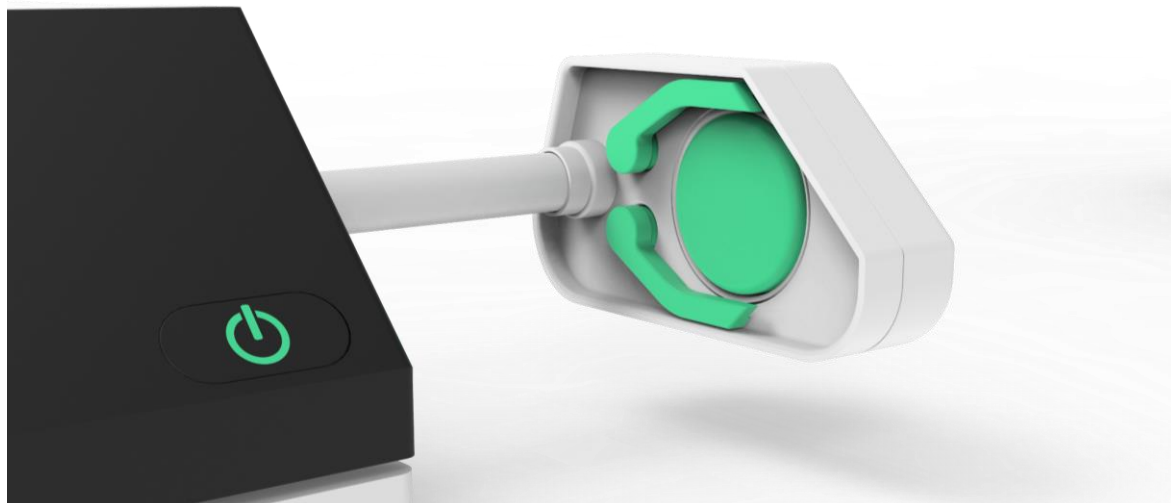
pro čelní kryt. Vznikne tedy vybrání (Obr. 5-2), které se podílí na tvaru těla, umožňuje bezpečně upevnění injekce a je chráněno proti nechtěnému střetu. Na pravé a levé straně v horní části je vybrání, ve kterém je uložena pojistka pro modulární spojení. Její tvar je tvořen obdélníkem, kterému byly zaobleny spodní hrany. Tento tvar je opatřen třemi identickými vystouplými pruhy.

Tělo je v přední a zadní spodní části zaobleno aby bylo dosaženo optického zeštíhlení přístroje a příjemnějšího přechodu mezi přístrojem a podložkou. Na ploše, kde rámeček pro displej přechází v pant (Obr. 5-3) je na pravé straně umístěno tlačítko pro vypnutí a zapnutí přístroje. Má oválný tvar opatřený malým zaoblením po celém obrysu. Nachází se na něm typicky tvarovaný piktogram, jehož tvar vychází z kruhu, který je v horní části rozdělen pruhem.



**Obr. 5-3** Perspektivní pohled na zasunutou vodící hlavu

Na tvaru se výrazně také podílí lineární krokový motor, který se skládá z pouzdra a vodícího šroubu. Zajišťuje hlavní požadovanou funkci a je tedy nezbytným technickým komponentem. Bylo nutné pro něj najít vhodnou polohu a pokusit se mu přizpůsobit tvar těla injekční pumpy. Je umístěný 15 mm za stěnou úložiště a 40 mm od pravé boční stěny obalu. Vodící šroub protíná pravou stěnu, kde je pro něj vytvořený otvor, a prochází ven z obalu pumpy kde je napojen na vodící hlavu. Tvar vodící hlavy je tvořen několika



Obr. 5-4 Vodící hlava injekční pumpy

křivkami, které jsou přejaté z hlavního bokorysu tak aby byla zachována tvarová podobnost. Na pravé ploše bylo vytvořeno vybrání podle tvaru vodící hlavy, aby ji bylo možné po ukončení funkce zasunout dovnitř a nenarušovala celkový tvar. Dále tvar hlavy definuje pryžová vložka pro konec injekční stříkačky a čelisti, které podpoří stabilní upevnění.



Obr. 5- 5 Čelní plocha

Tvar čelní plochy (Obr. 5-5), kterou jak již bylo zmíněno, tvoří displej a průhledný kryt, tvoří jednotlivé křivky, které mají za úkol doplnit celkový tvar a oddělit úložný prostor od okolí. Čelní plocha je vedena pod úhlem  $45^\circ$  a má všechny své hrany opatřeny malým zaoblením.

Na pravé straně je čelo opřeno o identicky zkosený výstupek vycházející z těla. V Oblasti, kde display přechází do ochranného krytu, byl ubrán materiál, což vede k redukci hmoty a vytváří se tak průhled do úložiště. Aby bylo možné čelo vyklopit směrem ven je čelo propojeno s obalem jednou osou o průměru 4 mm, na které je schopné se otáčet o  $120^\circ$ .



**Obr. 5-6** Modulární spojení dvou pump

Dále se v horní a dolní části nacházejí tvarové prvky, které zajišťují modularitu přístroje. Tu umožňuje klasický tvarový spoj spočívající na principu drážky a identického protikusu. Ve spodní části na pravé a levé straně se nachází tvarový prvek, který slouží k odložení přístroje a zároveň je identický s drážkou na pravé a levé horní ploše.



**Obr. 5-7** Zadní část přístroje

Zadní část tvoří úložiště pro baterii a jednotlivé konektory (Obr. 5-7). Obal baterie je identický s tvarem okolní zadní části takže tvar uzavírá a nijak výrazně jej nenarušuje. Plocha kde jsou umístěny konektory (napájení, 2x USB, LAN), je lehce zasazena do celého tvaru a pomocí zaoblení vytváří přechod mezi baterií a zbylými plochami a díky tomuto zasazení je možné jednoduše baterii vyjmout z přístroje.

## 5.2 Příslušenství

Spolu s injekční pumpou, bylo navrženo také příslušenství, které je možné dodávat společně s přístrojem. Konkrétně se jedná o násuvné madlo s úchytem pro nemocniční stojan a modulové zařízení.



**Obr. 5-8** Uchycení přístroje na nemocničním stojanu pomocí násuvného madla

Modulové zařízení umožňuje souběžně propojit hned několik přístrojů najednou a usnadňuje transport většího množství zařízení. Jeho tvar se odvíjí od tvaru injekční pumpy, jelikož jednotlivé kóje jsou totiž navrženy přesně pro tento typ přístroje. Lze do něj umístit 4 zařízení. Na horní části se nachází madlo obdélníkového tvaru, vycházející z vrchní plochy modulového zařízení, aby bylo možné jej pevně a pohodlně uchopit. Umožňuje napájení z jednoho zdroje. V každé kóji se nachází identický konektor pro baterii pumpy. Na boční straně je v každé kóji vybrána plocha, aby bylo možné z pumpy vysunout vodící hlavu. Přední část z modulového zařízení vyčnívá, aby bylo možné u každého přístroje vyklopit čelní kryt a vyměnit injekci bez vyjmutí pumpy z modulového zařízení.



**Obr. 5-9** Modulové zařízení

Dále byl navržen taky nástavec s madlem a úchytem na nemocniční stojan (Obr. 5-). Na přístroj jej lze nasunout pomocí kompatibilního rozebíratelného tvarového spoje. Je tvarován podle vrchní a zadní plochy injekční pumpy. Madlo je z původně obdélníkového tvaru. Je opatřeno zkosením a zaoblením na hranách. Vnitřní plocha je vybavena pryžovou vložkou pro pohodlné a pevné uchopení. Na stojan jej lze díky závitu a jednotlivým objímkám v zadní části. Tento úchyt je univerzální na různé průměry nemocničních stojanů.



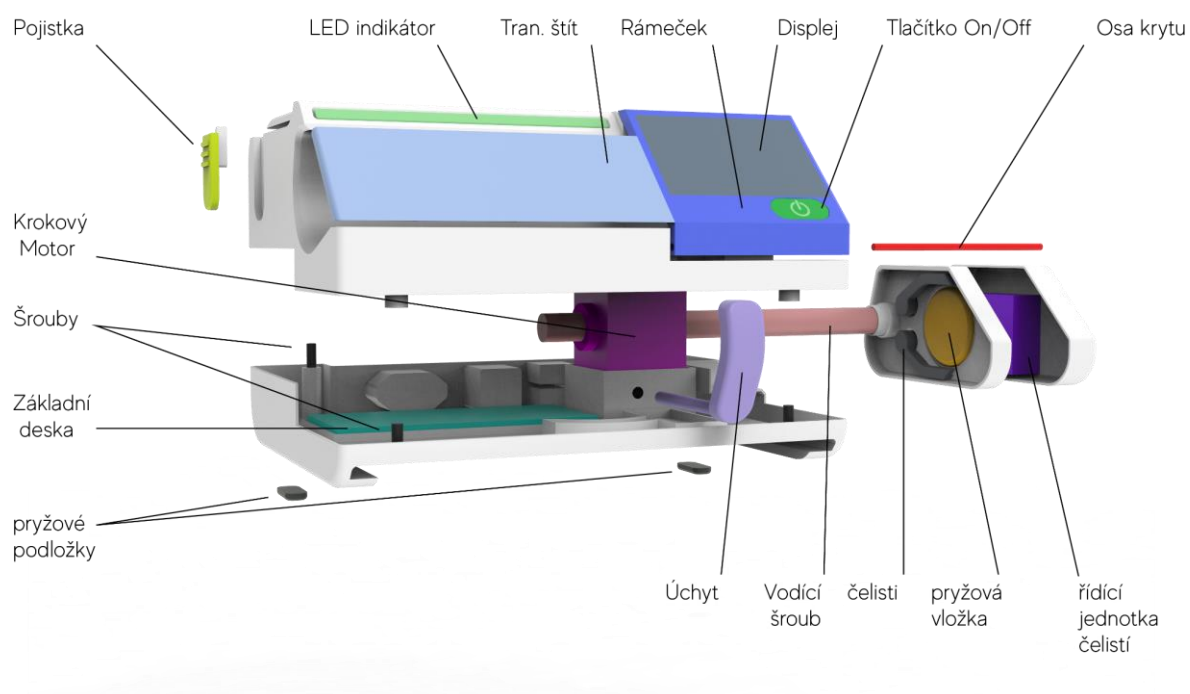
**Obr. 5-10** násuvné madlo s úchytem pro nemocniční stojan



## 6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

### 6.1 Konstrukčně technologické řešení

V těle injekční pumpy je umístěn lineární krokový motor, který se skládá z vodícího pouzdra a šroubu. Dále se zde nachází základní deska společně s mikroprocesorem, zdroj a integrovaná záložní baterie. Vnitřní uspořádání a rozmístění jednotlivých komponentů zobrazuje níže uvedené schéma.

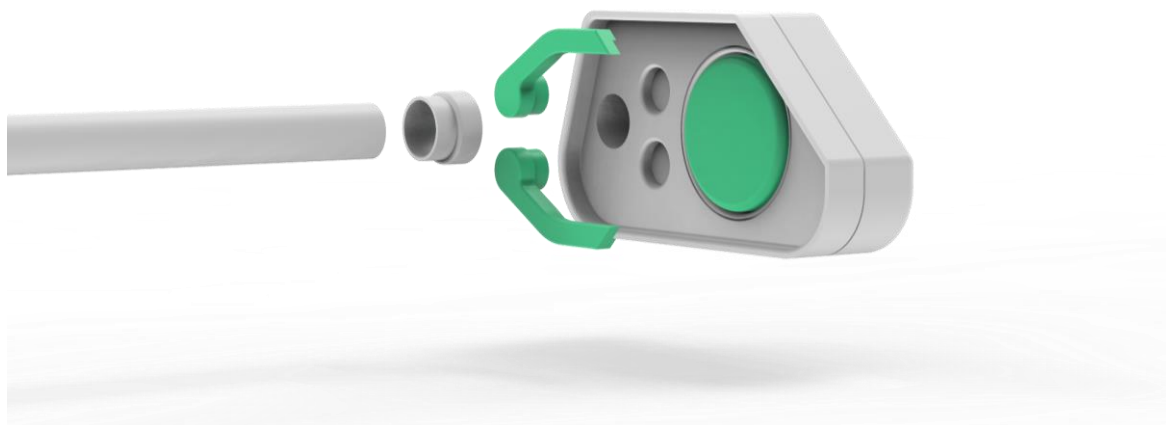


**Obr. 6-1** Schéma rozložení vnitřních komponentů

### 6.1.1 Vodící Hlava

Vodící hlava je nasazena na vodící šroub krokového motoru. Je vybavena univerzálními čelistmi pro upevnění injekční stříkačky a drážkou. Ty jsou plně kompatibilní s objemem injekce v rozmezí (2 – 60) ml. Hlava se z přístroje vysune automaticky po zapnutí a následné kalibraci na maximální možnou vzdálenost 125 mm (maximální požadovaná vzdálenost je 115 mm). Po vložení stříkačky do úložiště a nastavení požadovaných hodnot se hlava posune do těsné blízkosti konce pístu injekce. Čelisti uchopí konec pístu a zajistí tak stabilní uložení a přístroj je uveden do funkce. Celý tento proces je z velké části automatický za účelem zredukovat opotřebení vodící hlavy a zamezit možnému pochybení při upevňování injekční stříkačky.

V době, kdy je přístroj nefunkční, je hlava uschována uvnitř těla, pokud však nastal konec dávkování léku a v úložišti je stále upevněna injekční stříkačka, vodící hlava částečně vyčnívá z přístroje. Tento konstrukční prvek automaticky nabádá uživatele injekci buď vyměnit, nebo ji z přístroje vyjmout.



**Obr. 6-2** Rozložená vodící hlava

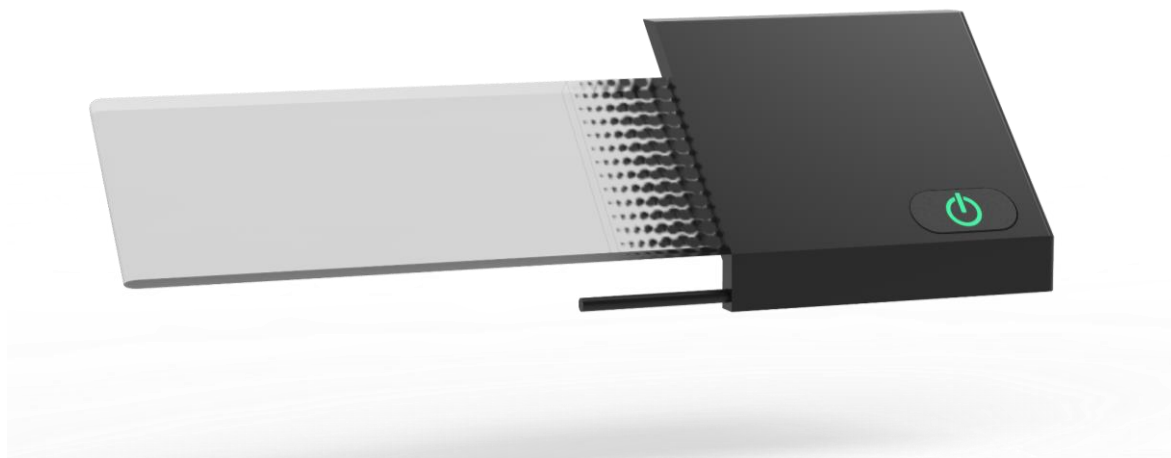
### 6.1.2 Čelní kryt

Hlavní funkcí čelního krytu je chránit úložiště a injekční stříkačku proti nechtěnému porušení. Nachází se v přední části před tímto úložištěm je veden pod úhlem 45° až k horní části těla a uzavírá tak prostor před a nad úložištěm. Je vyroben z polypropylenu. Je to vhodný materiál pro výrobu tohoto krytu. Má dostatečnou pevnost a mechanické vlastnosti a jeho výhodou je optická transparentnost. Díky jeho vlastnostem nám umožňuje chránit, ale také vizuálně kontrolovat injekční stříkačku za chodu přístroje.

Tento čelní kryt slouží také jako rámeček pro dotykový displej. Je možné jej jednoduše vyklopit směrem ven a umožnit tak upevnění stříkačky do úložiště. Vyklopení krytu je zajištěno pomocí dvou pantů, které se nacházejí na přední pravé a levé straně těla injekční pumpy. Pravým pantem jsou vedeny veškeré kontakty a kabely displeje.

### 6.1.3 Display

Je uložen v rámečku, který je pro něj vytvořen v čelním krytu. Jedná se o OLED displej. Dokáže zobrazit libovolný font a umožňuje tak vytvořit zajímavější zpracování uživatelského rozhraní přístroje. Displej je plně dotykový a tím pádem jej lze jednoduše vyčistit či vydezinfikovat což je po stránce hygieny velké plus. Je možné jej pohodlně ovládat v gumových rukavicích ze všech současně vyráběných materiálů což je v cíleném prostředí naprosto běžné a nezbytné. Má rozměry 70 x 50 mm což je pro manipulaci dostačující. Jak displej, tak rámeček je černé barvy a přechod do transparentní části krytu je zjemněn, graficky navrženým rastrem na fólii. Inspirováno přechodem u rámečku čelních skel automobilů.



Obr. 6-3 Čelní kryt s displejem a tlačítkem pro spuštění

#### 6.1.4 Použité materiály a technologie

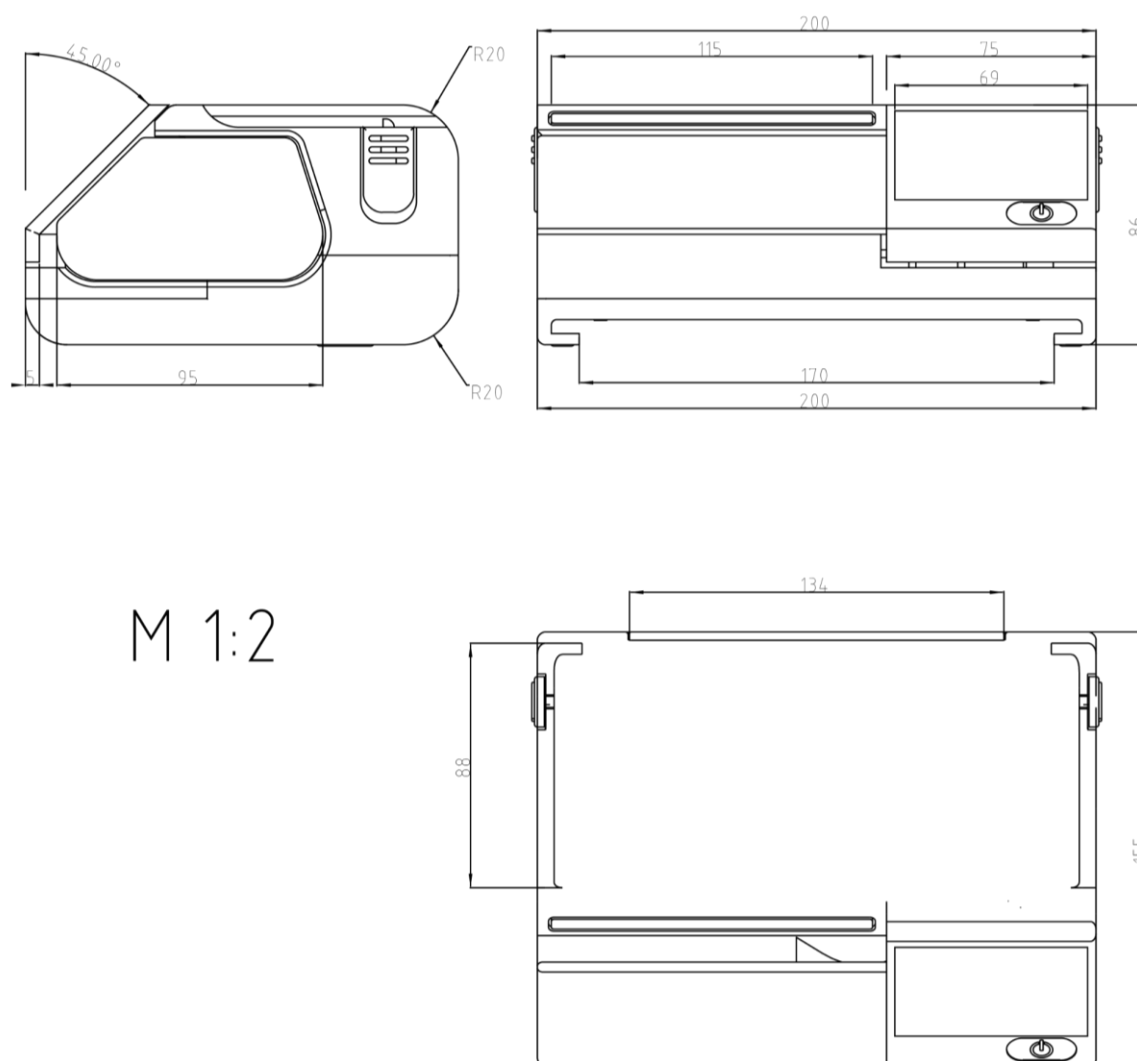
Jako hlavní materiál celého těla (obalu) byl zvolen polykarbonát, který se zpracovává vstřikováním do formy. Celý povrch těla je matný a nebyl dále nijak upravován. Polykarbonát dostatečně splňuje požadovanou pevnost a má vysokou mechanickou i tepelnou odolnost. Jedná se o lehký materiál, takže bude možné přístroj jednoduše transportovat. Může být vyráběn v široké barevné škále. Tělo je vyráběno ze dvou částí, které jsou spojeny čtyřmi šrouby ze spodní části tak aby nenarušovali pohledové části. Díry pro šrouby ve spodní části jsou po montáži zakryty pryžovými vložkami, které zároveň slouží také jako podstavce pro přístroj a zamezují klouzáni po podložce. Obal je ze dvou kusů a spojen pomocí 4 šroubů o průměru 8 mm. Lze jej jednoduše rozebrat.

Čelní kryt je vyráběn z polymethylakrylátu neboli plexiskla. Je opticky transparentní umožňuje tedy uživateli vizuálně kontrolovat injekční stříkačku za chodu. Je na něm nalepena polarizační fólie s grafickým rastrovým přechodem a filtrem proti odrazu světla aby nedošlo k zamezení vizuální kontroly. Kryt je vyráběn ze dvou částí, rámečku pro displej a transparentního krytu, následně jsou tyto dvě části spojeny pomocí svařování.

Polykarbonát je určen i pro výrobu vodící hlavy a také veškerého příslušenství, které také využívá technologie vstřikování do formy.

## 6.2 Rozměrové řešení

Rozměry jednotlivých součástí vychází z funkčních požadavků, vnitřních komponentů a ergonomických parametrů.



M 1:2

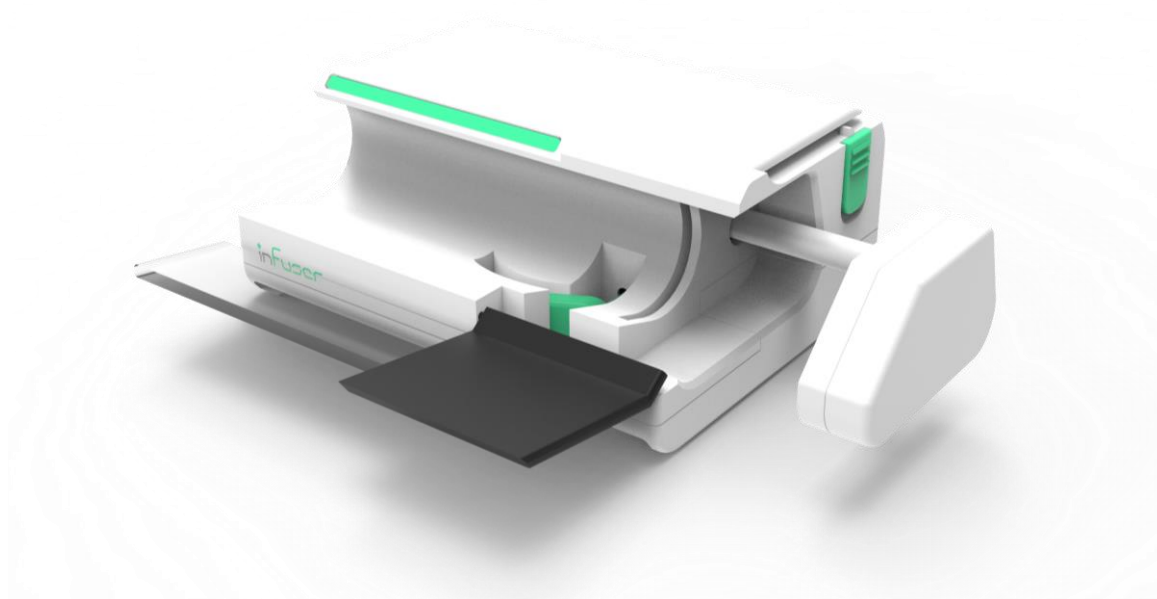
**Obr. 6-4** Celkové rozměry injekční pumpy

## 6.3 Ergonomické řešení

Injekční pumpa většinu času pouze leží na podložce a není nutné s ní při práci nějakým způsobem pohybovat. Manipulujeme s ní pouze při instalaci injekční stříkačky. Dále pracujeme hlavně s displejem, když zadáváme požadované hodnoty a uvádíme pumpu do provozu. Tím pádem víme, ve kterých částech je nutné dodržet určité ergonomické parametry.

### 6.3.1 Úložiště

Tento prostor bylo nutné navrhnout tak aby se do něj vlezli všechny typy injekčních stříkaček v požadovaném objemovém rozmezí, ale také jej navrhnout tak, aby se s ním uživateli pohodlně pracovalo. Toho bylo dosaženo možností odklopit čelní kryt a tím se dosáhne dostatečného prostoru pro instalaci injekční stříkačky do přístroje.



**Obr. 6-5** úložiště injekční stříkačky s uschovaným úchytem

Dále je toto úložiště vybaveno drážkou, do které zapadne opěrná část pro prsty, kterou najdeme na každé injekci. Ve stěně tohoto úložiště je integrovaný úchyt, který injekce upevní do požadované pozice. Je možné jej před umístěním injekce pohodlně vyjmout poté vložit injekční stříkačku na své místo a úchyt posuneme do těsné blízkosti injekce a utáhneme.

### 6.3.2 Dotykový displej

U displeje byl dodržen hlavní ergonomický parametr a to zkosení pod úhlem 45°. Tento aspekt umožňuje uživateli jednodušeji manipulovat s displejem. Je také lepe čitelný. Displej je plně dotykový a tím jsou eliminovány mechanická tlačítka, což vede k přehlednější a intuitivní manipulaci. Je navržen tak aby splynul s čelním krytem, takže se kolem něj nenachází žádné drážky, v kterých by se mohli usazovat nečistoty což je pro cílené prostřední nutným aspektem. Umožňuje také jednoduchou údržbu a čištění což je plus po stránce hygieny.

### 6.3.3 Ovladač on/off



Obr. 6-6 Tlačítko On/Off

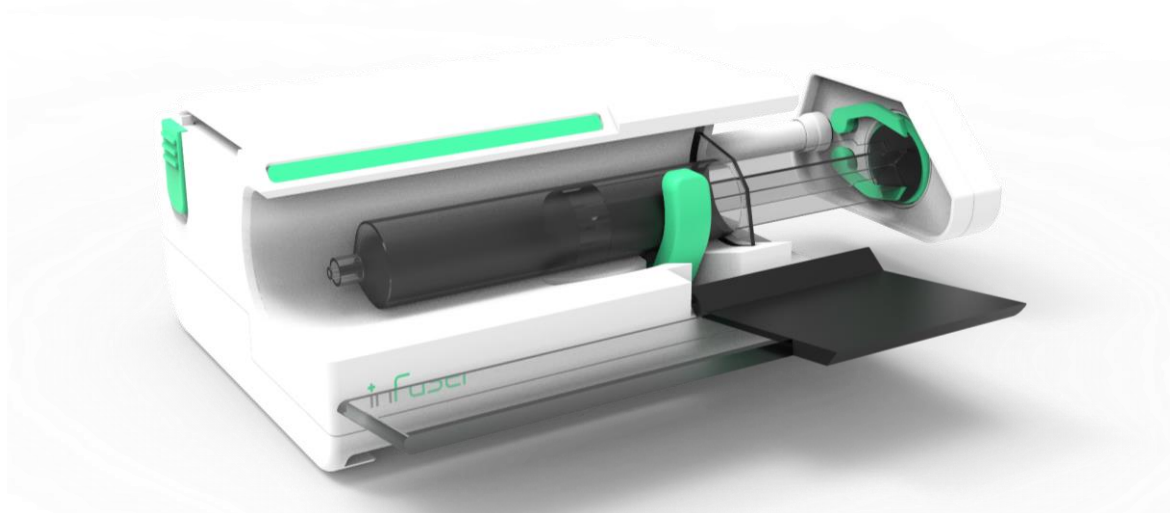
Toto tlačítko je umístěno na horní ploše těla. Jedná se o jediný ovladač, který je nezbytné zachovat [15]. Je to mechanický ruční silový ovladač. Po stlačení se zařízení spustí a ovladač se vrátí do své původní polohy. Stejně ovladače lze najít např. na skříních stolních počítačů. Je navržen tak aby jej uživatel na první pohled zaznamenal a poznal, k čemu ovladač slouží. Je umístěn mezi displejem a pantem na čelní ploše.

### 6.3.4 LED sdělovač

V přední části nad čelním krytem je umístěn LED diodový indikátor aktuálního množství objemu v umístěné injekci. Aktivuje se po uvedení injekční pumpy do provozu. Zobrazuje data v reálném čase pomocí navolené barvy. Je tedy z dálky možné opticky zaznamenat jaké množství objemu bylo již aplikováno a kolik ještě v injekci zbývá. Tento prvek má taky roli v oblasti barevných variant. Můžeme mu přiřadit stejnou barvu, jako mají ostatní barevné komponenty přístroje a tím jej sladit.

### 6.3.5 Použití

Přístroj, je napájen z externího zdroje pomocí napájecího kabelu o napětí 230 V. Součástí vnitřních komponentů, je také integrovaná záložní baterie, která se aktivuje jako záložní zdroj v případě výpadku proudu. Po zapojení jej zapneme pomocí již zmíněného ovladače. Po spuštění proběhne automatická kalibrace přístroje, následně se vysune vodící hlava na svou maximální možnou vzdálenost a nenastane-li žádný problém je uživateli umožněno umístit injekční stříkačku.



**Obr. 6-7** upevnění injekce do úložiště

Po umístění zvolíme, jaký typ injekční stříkačky jsme vložili, a vodící hlava se adaptuje na rozměr vložené injekce a pojistí ji čelistmi. Následně se uživateli zobrazí knihovna léčiv, kde uživatel vybere lék, který se chystá aplikovat a zvolí požadovanou koncentraci látky. Dále se zadá hmotnost pacienta. Zbytek parametrů již přístroj dopočítá automaticky v zájmu pacienta. Nyní je přístroj připraven na proces aplikace. Po dokončení dávkování je personál upozorněn zvukovým signálem, vizuálně LED diodovým indikátorem či tvarovou nesourodostí v oblasti vodící hlavy.

### 6.3.6 Alarmy

Přístroj je vybaven nezbytnými zvukovými a vizuálními alarmy, které jsou určeny mezinárodní normou [14]. Jedná se o alarm předčasného ukončení infuze, ukončení infuze, okluze, baterie a alarm nečinné pumpy. Všechny jsou zvukové a vizuální.



## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Použité barvy a grafiky byly voleny tak aby byly vhodné pro cílené prostředí. U nemocničních přístrojů je běžná šedivá, ponurá barva, která pak pacienty spíše odpuzuje a deprimuje. Proto byly barvy voleny ve světlých pastelových odstínech tak, aby obohatily prostor, do kterého budou umístěny, např. nemocniční pokoj.

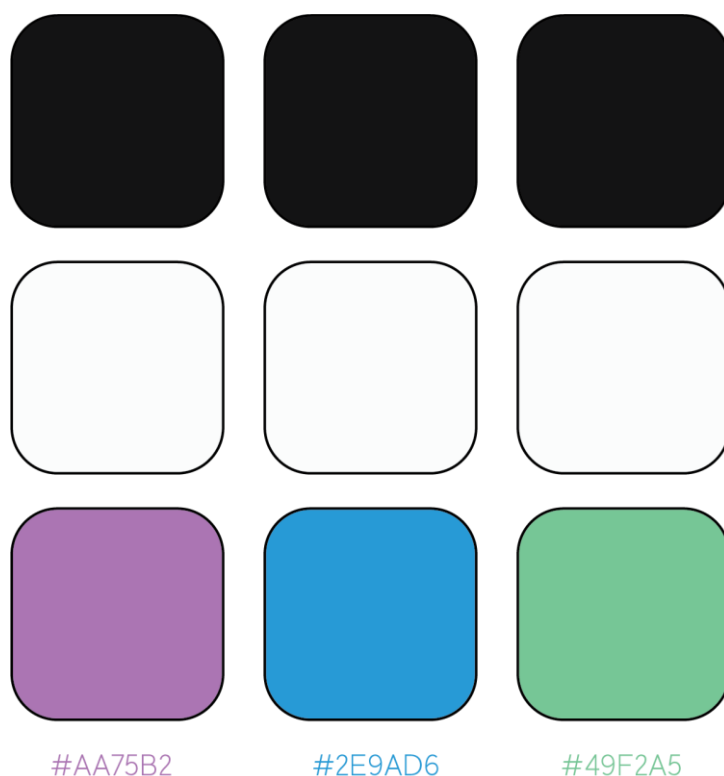
### 7.1 Barevné řešení

Hlavní barvou přístroje byla zvolena bílá barva. Je jí pokryto tělo injekční pumpy a vodící hlava spolu s obalem pro vodící šroub. Jako doplňková barva byla zvolena pastelová zeleno-modrá.



Obr. 7-1 Barevné varianty

Tu můžeme zaznamenat na funkčních prvcích, jako jsou čelisti vodící hlavy, úchyt v úložné oblasti a dále byla zvolena jako hlavní barva LED diodového indikátoru. Tuto doplňkovou barvu má také piktogram na hlavním ovladači. Je obsažena v logotypu produktu. Povrch všech plastových částí je matný, což zabraňuje viditelnosti otisků prstů.



**Obr. 7-2** barevné schéma barevných variant

## 7.2 Grafické řešení

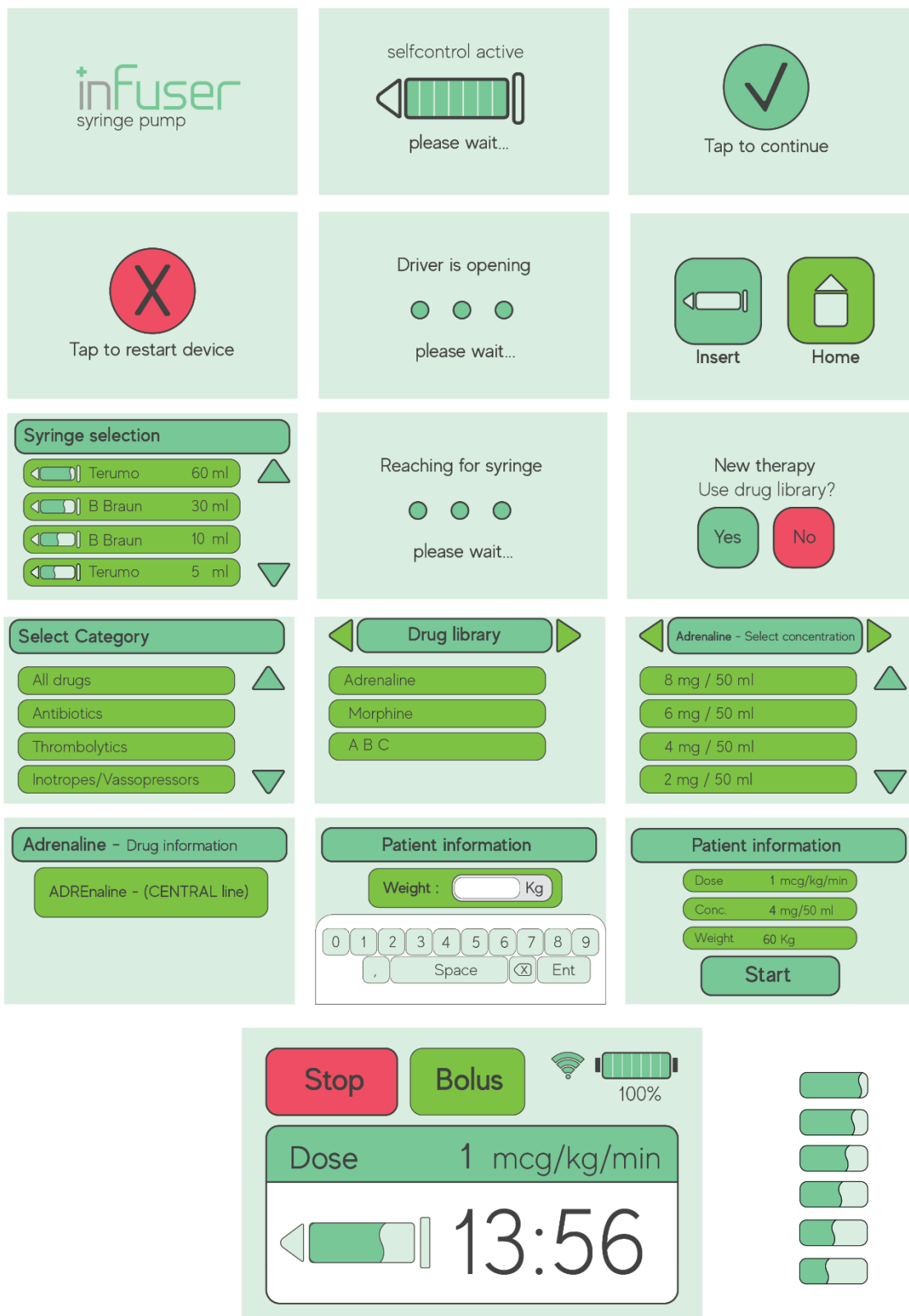
Grafika se zde objevuje v piktogramu pro hlavní ovladač, v navrženém rastrovém přechodu, který propojuje displej a transparentní část čelního krytu a také v logotypu. Hlavně ji ale obsahuje celkové uživatelské rozhraní, které bylo pro přístroj navrženo.

### 7.2.1 Uživatelské rozhraní

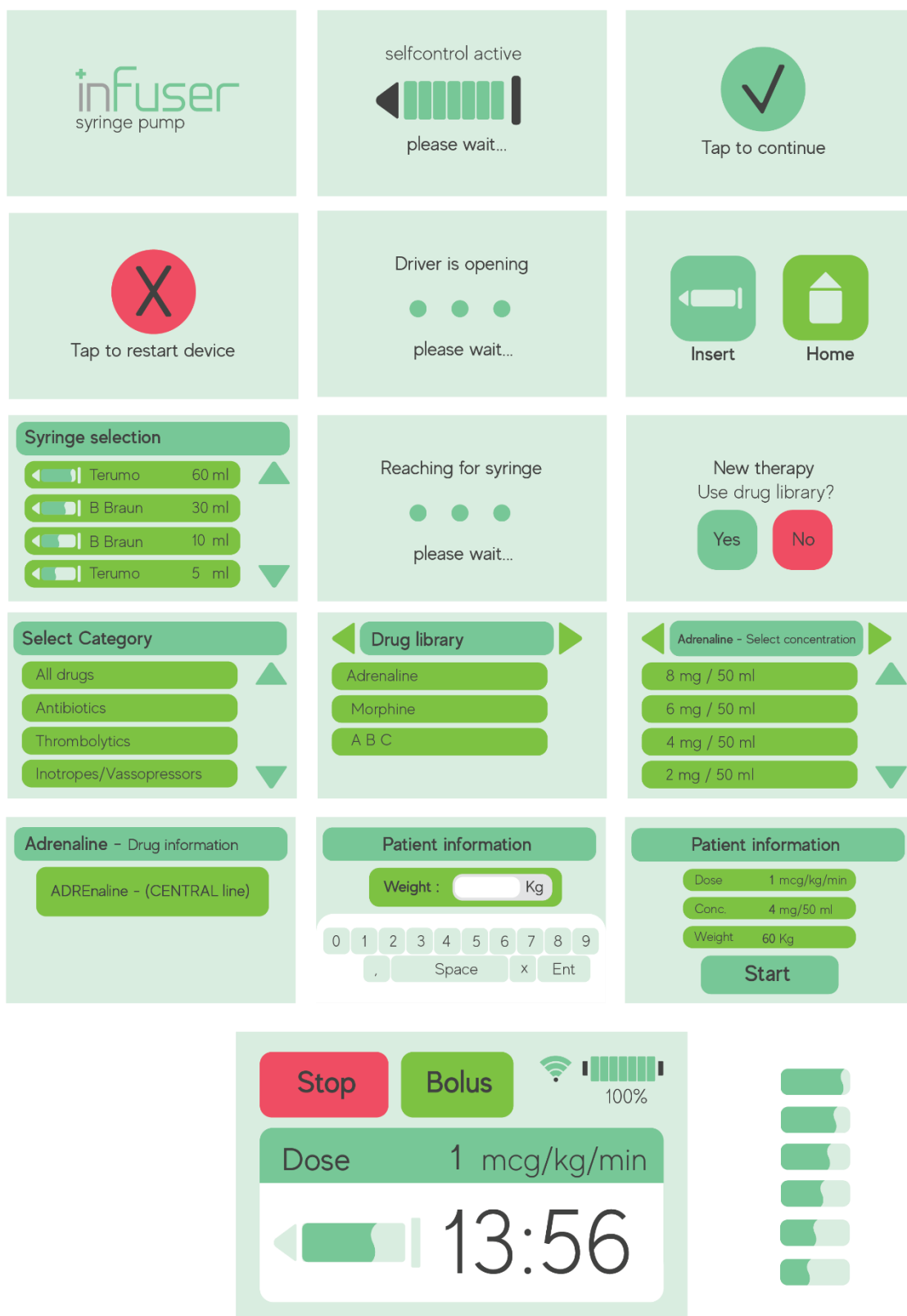
Je navrženo tak aby bylo intuitivní, jednoduché na ovládání a také plně přizpůsobené dotykovému displeji. Po zapnutí se objeví uvítací část s logem. Následně je vše navrženo tak aby přístroj uživatele po jednotlivých krocích provedl celým procesem od umístění injekce až po start dávkování léku. Pro toto rozhraní byly navrženy jednotlivé piktogramy, které se neustále upakují a tím je kladen důraz na podobnost v jednotlivých odvětvích rozhraní. Je navrženo ve dvou variantách.

Varianta I využívá obtažení jednotlivých obrysů pomocí různě tlustých linek. Všechno je tedy výraznější. Varianta II toto obtažení vynechává a působí čistým dojmem.

Barevnost tohoto rozhraní je sladěna s logotypem a přístrojem.



Obr. 7-3 Uživatelské rozhraní I

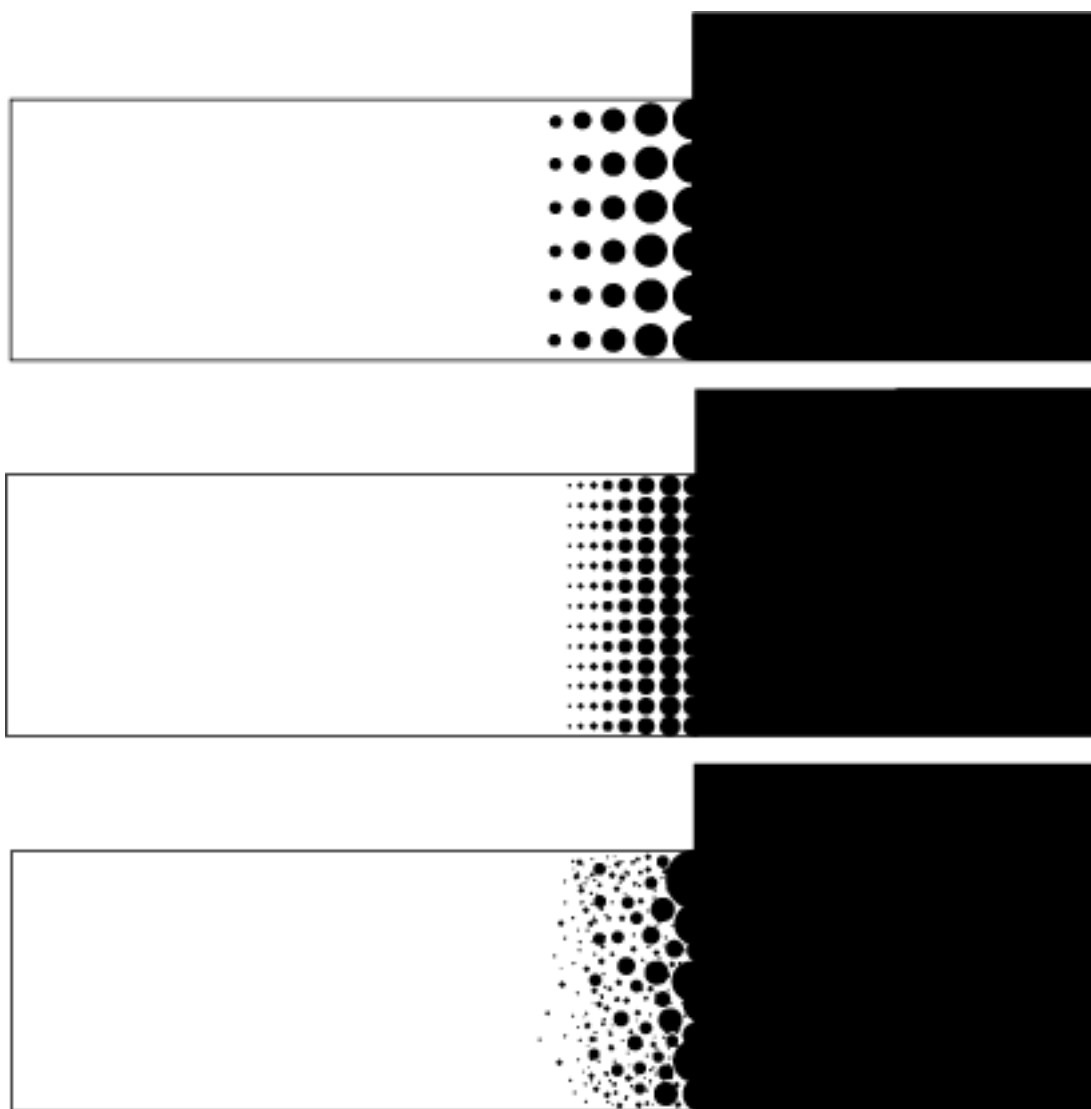


Obr. 7-4 Uživatelské rozhraní II

### 7.2.2 Doprovodné grafické prvky

Piktogram byl navržen podle běžného symbolu pro zapnutí a vypnutí přístroje, který se objevuje na všech strojích a zařízeních.

Zajímavým grafickým prvkem je rastr navržený pro fólii umístěnou na čelním krytu. Má za úkol nenásilně propojit display s transparentní částí čelního krytu. Jako základní tvar pro něj byly zvoleny tečky o různých průměrech. Tyto tečky mají svůj největší průměr v oblasti kde vycházejí z displeje a postupně se zmenšují, až se vytráčí úplně. Byly vytvořeny tři varianty tohoto přechodu.



**Obr. 7-5** Jednotlivé varianty rastrových přechodů

### 7.2.3 Logotyp

Název Infuser vychází z anglického slova „Infusion“ neboli infuze. Protože se jedná o hlavní funkci, kterou přístroj vykonává, nabízí se tedy vhodná podobnost a může být přetvořeno do výrazu pro pojmenování produktu. Anglický jazyk je vhodný pro pojmenování takového produktu, je totiž univerzálním jazykem po celém světě.

Název byl zvolen také jako základ pro logotyp. Celý název byl vytvořen skupinou křivek. Mezi jednotlivými písmeny můžeme na první pohled zaznamenat tvarovou podobnost, na kterou byl kladen důraz. Všechna písmena mají jednotnou tloušťku, výšku i šířku.



**Obr. 7-6** Logotyp produktu

Křivky, které tvoří jednotlivá písmena, mají také určitou tvarovou podobnost s tělem injekční pumpy. Akcent nad písmenem i byl nahrazen malým křížovým symbolem, který odkazuje na nemocniční tematiku. Barevně je logotyp co nejvíce identický s barevností přístroje. Logotyp je na přístroje umístěn ve skosené ploše nad úložným prostorem.

## 8 DISKUZE

### 8.1 Psychologická funkce

Zvolené tvarování a barevnost působí klidným a čistým dojmem. Pro cílené prostředí je toto pozitivní výsledek. Celkový tvar také podporuje vykonávanou funkci a umožňuje vidět, co se v přístroji odehrává. Jelikož při funkci je displej stále aktivní, byly využity příjemné barevné odstíny, které mají podobnost s barvami přístroje. Grafické rozhraní je navrženo tak aby nepůsobilo chaoticky a bylo přehledné.

### 8.2 Ekonomická funkce

Cena aktuálně nabízených produktů se pohybuje v řádech desetitisíců, záleží na nabízených funkcích a technologiích jednotlivých výrobců. Jelikož, navržený produkt obsahuje již nabízené funkce a technologie, liší se hlavně v ergonomické oblasti. Měl by se bez problémů vlézt do cenové skupiny konkurence. Umístění nad současnou cenovou skupinou by negativně ovlivnilo poptávku.

Jak již bylo zmíněno, výhodou může být pokrok po stránce ergonomických parametrů jako např. redukce mechanických ovladačů, plné využití dotykového displeje či přehledné grafické rozhraní.

### 8.3 Sociální funkce

Produkt je cílen výhradně na profesionální využití v nemocničním prostředí a je nutné na něj personál proškolit. Je spolehlivým nástrojem ať už na operačním sále či jednotkách intenzivní péče. Díky příslušenství nabízí jednoduchý transport či praktické modulární propojení. Je kompatibilní s běžnými injekčními stříkačkami. Rozhodně je praktickým pomocníkem v cílovém prostředí.

## 9 ZÁVĚR

Díky analýze současně nabízených přístrojů bylo zjištěno, že největší slabina je v oblasti ergonomických parametrů a to hlavně v oblasti ovládacích prvků či uživatelského rozhraní. Cílem práce bylo navrhnout přístroj, který bude oplývat přehledným grafickým rozhraním, dojde k redukci mechanických ovladačů tak aby byly dodrženy normy ČSN, a také bude kladen důraz na estetické zpracování.

Tvarování vychází z nezbytných vnitřních komponentů, ale také podstatných ergonomických parametrů a funkčních prvků. Barevnost byla volena tak aby snadno zapadlo do cíleného nemocničního prostředí. Ergonomie displeje vycházela z podstatných ergonomických parametrů tak aby bylo práce s ním co nejvíce přehledná a jednoduchá. Úložiště pro injekční stříkačku bylo umístěno za displej, aby byla injekce chráněna proti nechtěnému kontaktu, a je opatřeno třemi úchyty, které umožňují stabilní uložení. Je kompatibilní s injekcemi o objemu (2-60) ml. Grafické rozhraní bylo navrženo velmi jednoduše a přehledně, jelikož bylo zjištěno, že 80 % chyb vzniká na straně uživatele při práci s přístrojem.

Návrh zahrnuje kromě injekční pumpy také kompatibilní nasazovací madlo s úchytem na klasický nemocniční stojan, ale také modulové zařízení pro uložení více zařízení, díky kterému lze tyto zařízení propojovat.



## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Syringe infusion pump, Mammography, Contrast media injector supplier [online]. 2016 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://sinomdt-global.com/>
2. The World-class Quality Medical Pumps. In: *Syringe infusion pump, Mammography, Contrast media injector supplier* [online]. China [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.sinomdt-global.com/wp-content/uploads/2017/02/Medical-pump-catalog.pdf>
3. Terufusion® Syringe Pump (Smart). *Terumo Europe, Middle East & Africa* [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [https://www.terumo-europe.com/en-emea/medical-products/advanced-infusion-systems/syringe-pump/terufusion®-syringe-pump-\(smart\)?fbclid=IwAR1klYPvvLobA9MPZhRrziOmWMxC2lMudOz\\_MrL\\_2LEDaxWTpxZuffQljYw](https://www.terumo-europe.com/en-emea/medical-products/advanced-infusion-systems/syringe-pump/terufusion®-syringe-pump-(smart)?fbclid=IwAR1klYPvvLobA9MPZhRrziOmWMxC2lMudOz_MrL_2LEDaxWTpxZuffQljYw)
4. Pumps : Terufusion® Strack Intense - Modular Pump System with Data Communication. *Terumo Česká republika - MEDISTYL-PHARMA a.s.* [online]. Praha, 2016 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.medistylpharma.cz/index.php/component/virtuemart/katalog-terumo/medical-products/pumps/terufusion-strack-intense-modular-pump-system-with-data-communication-detail>
5. 科田生物医疗技术有限公司. 科田生物医疗技术有限公司 [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.medcaptain.com/index/product/detail/id/10.html?la=en>
6. 科田生物医疗技术有限公司. 科田生物医疗技术有限公司 [online]. 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.medcaptain.com/index/product/detail/id/15>
7. 903 Syringe Pump. In: *ANA-MED* [online]. Poland [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.ana-med.eu/files/ANA-MED-PUMP.pdf>
8. *Infuzní pumpa* [online]. Brno, 2005 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [http://www.ustavkonstruovani.cz/FileDownload/getFile/11/podloucky2005.pdf?fbclid=IwAR3x9bn6iIvAge0eO\\_p1ai8h7oftWOr7iscjYA7t8tja5ZrkLECYMzzEXPw](http://www.ustavkonstruovani.cz/FileDownload/getFile/11/podloucky2005.pdf?fbclid=IwAR3x9bn6iIvAge0eO_p1ai8h7oftWOr7iscjYA7t8tja5ZrkLECYMzzEXPw)  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
9. *Návrh a výroba říditelných injekčních pump pro mikrofluidiku* [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/69298/F3-BP-2017-Polak-Adam-bp\\_polakad3.compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1vaGVjeK382pP\\_G\\_0YUniMGuoriuzAmdUMiSORRoJl8QmjU7-lvMUrP4](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/69298/F3-BP-2017-Polak-Adam-bp_polakad3.compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1vaGVjeK382pP_G_0YUniMGuoriuzAmdUMiSORRoJl8QmjU7-lvMUrP4). Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.

10. *Celá nemocnice jako na dlani | Infuzní systémy B. Braun Space* [online]. Praha, 2015 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.bbraun.cz/content/dam/catalog/bbraun/bbraunProductCatalog/S/AEM2015/cs-cz/b2/b-braun-space.pdf.bb-.19918565/b-braun-space.pdf?fbclid=IwAR3t6EjfEYM31wqCLMk0DPjdsAG8GHaqvZDTC5PzV5BenvDP98mLNMARY98>
11. *Perfusor® Space. B. Braun Česká republika* [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.bbraun.cz/cs/products/b/perfusor-space.html?fbclid=IwAR2Y4I9U2O3I122r->
12. *Lineární dávkovač oslavil 61. let | Anesteziologie resuscitace a intenzivní medicína. Anesteziologie resuscitace a intenzivní medicína* [online]. 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://ans.arim.cz/postupy/linearni-davkovac-oslavil-61-let/?fbclid=IwAR22f34OKUZn8ei26gRVET8sFJZXAYWch5OF1zaeTBoT0gbKxK7Pn0kVI3E>
13. *FUSION 100 INFUSION PUMP. Programmable Syringe Pumps | Syringe Pump Manufacturer | Chemyx Inc* [online]. 2018 [cit. 2019-02-07]. Dostupné z: <https://www.chemyx.com/syringe-pumps/fusion-100/>
14. *Ověření funkčnosti lineárního dávkovače v závislosti na použitém spotřebním materiálu* [online]. 2017 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://dspace.vsb.cz/handle/10084/118989>. Bakalářská. VŠB.
15. *Zdravotnické elektrické přístroje - část 2-24: zvláštní požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost infuzních pump a regulátorů: ČSN EN 60601-2-24. Ed. 2. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.*
16. *Infuzní přístroje pro zdravotnické použití - Část 9: Vedení pro převod tekutiny pro použití s tlakovým infuzním zařízením: ČSN EN ISO 8536-9. Český normalizační institut, 2005.*
17. *Injekční stříkačka – Wikipedie. In: Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Injek%C4%8Dn%C3%AD\\_st%C5%99%C3%ADka%C4%8Dka](https://cs.wikipedia.org/wiki/Injek%C4%8Dn%C3%AD_st%C5%99%C3%ADka%C4%8Dka)
18. *B. Braun Česká republika* [online]. 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.bbraun.cz/cs.html>
19. *Hybrid Linear Actuators | NANOTEC. Brushless DC Motors & Controllers* [online]. 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://en.nanotec.com/products/2271-hybrid-linear-actuators/>

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

LED	elektroluminiscenční dioda (Light-Emitting Diode)
Wi-Fi	Wireless Fidelity
OLED	Organic Lightning-Emitting Diode
JIP	Jednotka Intenzivní Péče
LAN	Local Area Network

## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

<b>Obr. 2-1</b> Injekční pumpa SN-50C66T(R) [2] .....	14
<b>Obr. 2-2</b> Injekční pumpa Terufusion [4].....	15
<b>Obr. 2-3</b> Injekční pumpa a stojan HP-30 MEDCAPTAIN [5] .....	16
<b>Obr. 2-4</b> injekční pumpa SYS-50 [6] .....	17
<b>Obr. 2-5</b> Schéma rozložení komponentů [14].....	18
<b>Obr. 2-6</b> Objemový rozsah injekčních stříkaček pro přístroj HP-30 [5].....	18
<b>Obr. 2-7</b> Uživatelské rozhraní pumpy od firmy B Braun [18] .....	19
<b>Obr. 2-8</b> Schéma injekční stříkačky [17] .....	20
<b>Obr. 2-9</b> Stojan pro více zařízení B Braun [10] .....	20
<b>Obr. 2-10</b> Sjedené grafické rozhraní přístrojů B Braun [10] .....	21
<b>Obr. 4-1</b> Varianta I .....	24
<b>Obr. 4-2</b> Varianta II .....	25
<b>Obr. 4-3</b> Varianta III.....	26
<b>Obr. 5-1</b> injekční pumpa Infuser.....	27
<b>Obr. 5-2</b> Boční pohled na úložiště pro injekční stříkačku .....	28
<b>Obr. 5-3</b> Perspektivní pohled na zasunutou vodící hlavu .....	28
<b>Obr. 5-4</b> Vodicí hlava injekční pumpy .....	29
<b>Obr. 5- 5</b> Čelní plocha.....	29
<b>Obr. 5-6</b> Modulární spojení dvou pump .....	30
<b>Obr. 5-7</b> Zadní část přístroje .....	30
<b>Obr. 5-8</b> Uchycení přístroje na nemocničním stojanu pomocí násuvného madla .....	31
<b>Obr. 5-9</b> Modulové zařízení .....	32
<b>Obr. 5-10</b> násuvné madlo s úchytem pro nemocniční stojan .....	32
<b>Obr. 6-1</b> Schéma rozložení vnitřních komponentů.....	33
<b>Obr. 6-2</b> Rozložená vodící hlava .....	34

<b>Obr. 6-3</b> Čelní kryt s displejem a tlačítkem pro spuštění .....	35
<b>Obr. 6-4</b> Celkové rozměry injekční pumpy.....	37
<b>Obr. 6-5</b> úložiště injekční stříkačky s uschovaným úchytem .....	38
<b>Obr. 6-6</b> Tlačítko On/Off .....	39
<b>Obr. 6-7</b> upevnění injekce do úložiště.....	40
<b>Obr. 7-1</b> Barevné varianty .....	41
<b>Obr. 7-2</b> barevné schéma barevných variant .....	42
<b>Obr. 7-3</b> Uživatelské rozhraní I.....	43
<b>Obr. 7-4</b> Uživatelské rozhraní II .....	44
<b>Obr. 7-5</b> Jednotlivé varianty rastrových přechodů .....	45
<b>Obr. 7-6</b> Logotyp produktu.....	46

## 13 SEZNAM PŘÍLOH

Fotografie modelu (A4)

Zmenšený poster (A4)

Poster (A1)

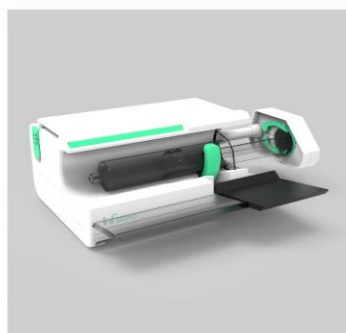
Model (M 1:1)

# ZMENŠENÝ POSTER

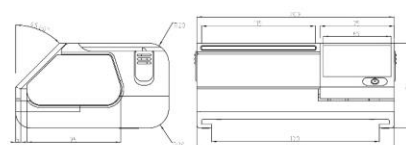
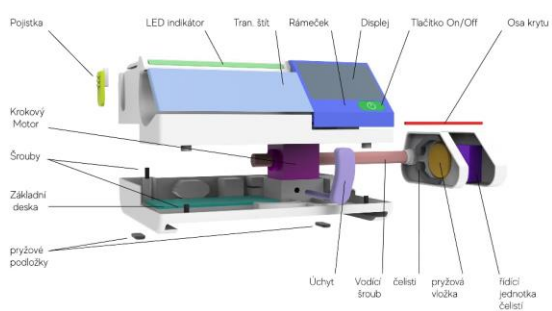
**inFuser**  
syringe pump



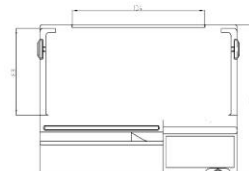
VNITŘNÍ SCHÉMA



ROZMĚROVÉ ŘEŠENÍ



M 1:2



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE / Autor: Růčka Jakub / Vedoucí práce: Ing. Sovják Richard / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2018/2019